

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-270615

(43)Date of publication of application : 15.10.1996

(51)Int.Cl.

F15B 21/06

(21)Application number : 07-071796

(71)Applicant : NITTA IND CORP

(22)Date of filing : 29.03.1995

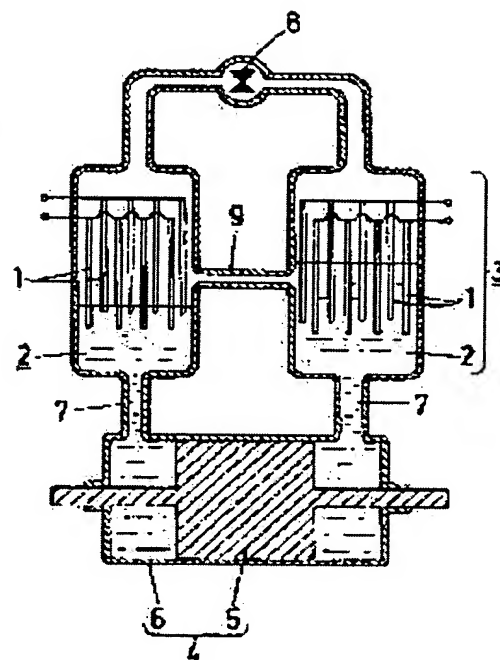
(72)Inventor : KURITA YASUSHI  
UEDA ATSUSHI  
KASAZAKI TOSHIAKI

## (54) ELECTROVISCOUS ACTUATOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide an electroviscous actuator which can function even without a power source of compressor, pump, etc.

CONSTITUTION: An electroviscous fluid is used to serve as an operating fluid 2 of an actuator mechanism, and by electrostatic attracting force generated by applying an electric field given between paired electrodes 1 to the electroviscous fluid, this operating fluid 2 is attracted so as to be displaced, also to use displacement of this operating fluid 2 to serve as a drive source.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

12.03.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

2920601

[Date of registration]

30.04.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-270615

(43) 公開日 平成8年(1996)10月15日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

F 1 5 B 21/06

識別記号

庁内整理番号

F I

F 1 5 B 21/06

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-71796

(22) 出願日 平成7年(1995)3月29日

(71) 出願人 000111085

ニッタ株式会社

大阪府大阪市中央区本町1丁目8番12号

(72) 発明者 栗田 康史

奈良県大和郡山市池沢町172 ニッタ株式  
会社奈良工場内

(72) 発明者 上田 敦

奈良県大和郡山市池沢町172 ニッタ株式  
会社奈良工場内

(72) 発明者 笠崎 敏明

奈良県大和郡山市池沢町172 ニッタ株式  
会社奈良工場内

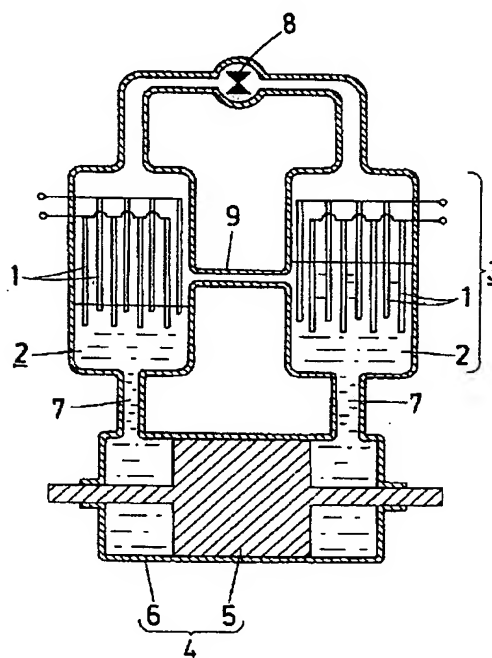
(74) 代理人 弁理士 辻本 一義

(54) 【発明の名称】 電気粘性アクチュエータ

(57) 【要約】

【目的】 コンプレッサーやポンプなどの動力源がなくても機能し得る電気粘性アクチュエータを提供しようとするもの。

【構成】 この発明の電気粘性アクチュエータは、電気粘性流体をアクチュエータ機構の動作流体2とし、電極対1間に付与する電場を電気粘性流体に印加することにより発生した静電引力によって、この動作流体2を吸引せしめて変位させるようにするとともに、この動作流体2の変位を駆動源としたことを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電気粘性流体をアクチュエータ機構の動作流体とし、電極対間に付与する電場を電気粘性流体に印加することにより発生した静電引力によって、この動作流体を吸引せしめて変位させるようにするとともに、この動作流体の変位を駆動源としたことを特徴とする電気粘性アクチュエータ。

【請求項2】 電極対を有し貯留された動作流体に変位を起こさせるための駆動源部と、駆動源部で起きた動作流体の変位を外部に伝達するための出力部とを具備する請求項1記載の電気粘性アクチュエータ。

【請求項3】 アクチュエータ機構の動作流体の流路の開閉制御を、電場の印加による電気粘性流体の粘度変化によって行うようにした請求項1又は2記載の電気粘性アクチュエータ。

【請求項4】 駆動源部の電極対が多層に積層されたものである請求項2乃至4のいずれかに記載の電気粘性アクチュエータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、コンプレッサーやポンプなどの動力源がなくても機能し得る電気粘性アクチュエータに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】電気粘性流体には電場を印加すると増粘する特性があり、従来より自動車等のダンパーやエンジン・マウント、クラッチなどへの応用研究がなされている。また、その増粘特性を生かして、アクチュエータの用途などへ応用展開することも考えられる。

【0003】しかし、電気粘性流体をアクチュエータの動作流体として用いる場合には、流体を駆動するための何らかの動力源（モータやコンプレッサー、ポンプなど）が必要となり、したがって、高分子ゲル・アクチュエータのようにその膨潤・収縮特性を利用しており動力源を必要としないようなものと比較すると、重量や寸法がより大きくなってしまいう問題があった。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】そこで、この発明は、コンプレッサーやポンプなどの動力源がなくても機能し得る電気粘性アクチュエータを提供しようとするものである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するためこの発明では次のような技術的手段を講じている。

【0006】この発明の電気粘性アクチュエータは、電気粘性流体をアクチュエータ機構の動作流体とし、電極対間に付与する電場を電気粘性流体に印加することにより発生した静電引力によって、この動作流体を吸引せしめて変位させるようにするとともに、この動作流体の変位を駆動源としたことを特徴とする。

【0007】また、電極対を有し貯留された動作流体に変位を起こさせるための駆動源部と、駆動源部で起きた動作流体の変位を外部に伝達するための出力部とを具備することとして実施することもできる。

【0008】また、アクチュエータ機構の動作流体の流路の開閉制御を、電場の印加による電気粘性流体の粘度変化によって行うようにしたこととして実施することもできる。

【0009】また、駆動源部の電極対が多層に積層されたものであることとして実施することもできる。

## 【0010】

【作用】この発明は、以下のような作用を有する。

【0011】この発明の電気粘性アクチュエータによると、電極対間の電場を電気粘性流体に印加することにより発生した静電引力によって、この動作流体を吸引せしめて変位させることができ、この動作流体の変位を駆動源とすることができる。

【0012】請求項2記載の手段を採用すると、駆動源部で起きた動作流体の変位を出力部から外部に伝達することもできる。

【0013】請求項3記載の手段を採用すると、電場の印加による電気粘性流体の粘度変化を、アクチュエータの流体流路の開閉の制御に利用することができ、これによりアクチュエータ機構の流路の設計に多くの自由度を持たせることもできる。

【0014】請求項4記載の手段を採用すると、多層に積層された複数の電極対間の電場を電気粘性流体に印加することにより、駆動源として動作流体の大きな変位量を得ることができる。

## 【0015】

【実施例】以下、この発明の構成を実施例として示した図面を参照して説明する。

（実施例1）この実施例の電気粘性アクチュエータは、電気粘性流体をアクチュエータ機構の動作流体としている。そして、図1に示すように、電極対1間に付与する電場を電気粘性流体に印加することにより発生した静電引力によって、この動作流体2を吸引せしめて変位させるようにするとともに、この動作流体2の変位を駆動源としている。また、電極対1を有し貯留された動作流体2に変位を起こさせるための2つの駆動源部3と、駆動源部3で起きた動作流体2の変位を外部に伝達するための出力部4とを具備するようにしている。駆動源部3の電極対1は、多層に積層されたものとしている。

【0016】出力部4はピストン5とシリンダ6とを有し、前記シリンダ6の両端にはそれぞれ駆動源部3を流体流路7によって連結しており、それぞれの内部には動作流体2を留置している。2つの駆動源部3には電極対1として間隔をおいて積層したクシ型の電極板を内蔵せしめており、この電極対1相互間に電場を印加することにより、静電引力によって動作流体2を吸引し吸上げて

移動させるようにしている。

【0017】それぞれの電極対1の上端は動作流体2から突出させており、この状態で電場を印加すると動作流体2と空気との誘電率の差に比例した静電引力が発生し、動作流体2が電極対1の間に沿って吸引され、静電引力と重力が釣り合う位置まで動作流体2が上昇し、この動作流体2の上昇に追従して出力部4のピストン5が移動する。

【0018】動作流体2の電気特性の安定化のために減圧バルブ8を設け、さらに、駆動源の電極対1間で吸引してオーバーフローさせた動作流体2の還流のために連通路9を動作流体2が吸引される最大高さの手前位置に設けている。

【0019】この実施例では動作流体2として、低分子液晶の混合組成物であるネマチック液晶（富士色素株式会社製LC-MIXture NEMI33）を用いた。この動作流体2の初発粘度は、16℃で50～60 c p sであった。

【0020】静電引力による前記動作流体2の吸上げ移動を、電極の近くにスケールを固定し、吸上げの高さを目視することにより測定した。すると、動作流体2の吸上げ移動量は20mm（電流値は0.2mA）であった。

【0021】また、流速計（自社製作）を用いて単位時間内に流出する流量をデジタル天秤によって測ることにより、電場の印加時（印加電圧2KV）と非印加時との流体の通過量を測定した（雰囲気温度17℃）。そして前記のそれぞれの流体の通過量から、次式により電気粘性効果（W）を算出した。電気粘性効果（W）＝〔電場を印加時の流体の通過量（g）〕÷〔電場を非印加時の流体の通過量（g）〕。結果は、W＝0.27であった。このWの値が1に近いと電気粘性効果が小さく、0に近いと電気粘性効果が大きいと評価できるのであるが、このW＝0.27という数値は電気粘性効果が比較的に大きいものと考えられる。

【0022】次に、この実施例の電気粘性アクチュエータの使用状態を説明する。2つの駆動源部3のうち一方の駆動源部3（図示右側）の各電極対1相互間に電場を印加すると、その電極対1相互間に挟まれた動作流体2が静電引力によって上昇し、これに伴いシリンダ6内でピストン5が右側に移動した。次に、一方の駆動源部3（図示右側）の電圧の印加を遮断して他方の駆動源部3（図示左側）に直流電圧を印加すると、シリンダ6内でピストン5は左側に移動した。

【0023】前記一連の動作を周期的に繰り返すことにより、ピストン5を左右に往復移動させることができる。また、供給する電場を直流ではなく交流とし、ピストン5の往復振動を共振周波数に一致するように設定すると、より大きな力を発生させることができる。さらに、このピストン5をダイヤフラム板に代えることによ

り、循環用のポンプとすることもできる。

【0024】この実施例の電気粘性アクチュエータによると、次のような利点がある。電極対1間の電場を電気粘性流体に印加することにより発生した静電引力によって、この動作流体2を吸引せしめて変位させることができ、この動作流体2の変位を駆動源とすることができる。動作流体2の有効成分である液晶組成物は電場が印加されると、静電引力により電場の方向に対して垂直方向に吸い込まれ、この液晶組成物の移動をアクチュエータの駆動源として利用し、ピストン5などを変位させる。したがって、コンプレッサーやポンプなどの動力源がなくても機能し得る。

【0025】駆動源部3で起きた動作流体2の変位を出力部4から外部に伝達することができる。電極対1の間において吸引された動作流体2は、その重力が静電引力と釣り合った位置で静止することとなり、ピストン5の最大移動量は動作流体2の吸引可能容積までとなる。この実施例では、動作流体2が吸引される最大高さの途中位置に連通路9（バイパス）を設けているので、連続的に動作流体2の循環をすることができ、ピストン5の移動量とその停止位置を任意に設定することができる。また、ピストン5の移動距離が制限されないのでピストン5の位置を制御することができる。

【0026】多層に積層された複数の電極対1間の電場を電気粘性流体に印加することにより、駆動源として動作流体2の大きな変位量を得ることができる。電極対1を積層すると各電極板の空気接触面積が増加するが、吸引できる動作流体2の容量はその接触面積に比例するので、単位面積当たりの静電引力は同じであるにもかかわらず大きなピストン5移動量を得ることができる。また、各電極対1と動作流体2とは、各電極を動作流体2に幅広方向に挿入・接触せしめると、空気との接触面積が増加するので、より多くの吸引容積を得ることができる。

（実施例2）次に実施例2を、実施例1との相違点を中心に説明する。

【0027】この実施例では動作流体2として実施例1のものと同じものを用いているが、図2に示すように駆動源部3と出力部4との間の流体流路7中に第1電気粘性流体弁10、第2電気粘性流体弁11、第3電気粘性流体弁12、第4電気粘性流体弁13の4つの電気粘性流体弁を形成することにより流体流路7の開閉の制御をしている。駆動源部3は1つだけで構成している。また、動作流体2の循環及び還流のために補助タンク14を設け、その下方を出力部4に連結するとともにその上方を減圧バルブ8を介して駆動源部3に連結している。

【0028】また、動作流体2の電気特性の安定化のために減圧バルブ8を設け、さらに、駆動源の電極対1間で吸引してオーバーフローさせた動作流体2の還流のために連通路9を動作流体2が吸引される最大高さの手前

位置に設けている。

【0029】流体流路7中の電気粘性流体弁はその対向する電極の対15で流体流路7を挟むことにより形成し、電極の対15への電場の印加で動作流体2を増粘させることにより流体流路7の開閉制御をしている。つまり、動作流体2たる液晶組成物に電場が印加された際にその誘電異方性によって電気粘性効果を発現し動作流体2が電場方向に配向して増粘し発生する保持力により、その流体流路7を閉状態として動作流体2の移動を阻止する。アクチュエータ機構の動作流体2の流体流路7の開閉制御は電場の印加による電気粘性流体の粘度変化によって行い、これによりピストン5の移動方向の切り替え変換を行う。

【0030】ピストン5を左側に移動させる際には第1電気粘性流体弁10と第2電気粘性流体弁11の電極の対15に電圧を付加し、その動作流体2を電気粘性効果により増粘せしめてその流体流路7を閉状態とする。この状態では第3電気粘性流体弁12と第4電気粘性流体弁13の電極の対15には電圧は印加しておらず、こちらの流体流路7は開状態である。一方、ピストン5を右側に移動させる際には、前記と逆の電気粘性流体弁の電極の対15に電圧を印加する操作を行う。

【0031】なお、動作流体2は、電気粘性流体弁における電気粘性効果と、駆動源部3における静電引力による十分な移動量とを両立させるような粘度に設定することが好ましい。

【0032】次に、この実施例の電気粘性アクチュエータの使用状態を説明する。出力部4のピストン5を左側に移動させる際には第1電気粘性流体弁10と第2電気粘性流体弁11の電極の対15に電圧を付加し、その流体流路7を閉状態とする。この状態では第3電気粘性流体弁12と第4電気粘性流体弁13の電極の対15には電圧は印加しておらず、こちらの流体流路7は開状態である。そして、駆動源部3において電極対1間に電場を印加すると動作流体2は気体に対して静電引力を受け、開状態の第3電気粘性流体弁12と第4電気粘性流体弁13を通じて動作流体2が上方に移動し、この動作流体2の移動にตอบสนองしてピストン5が左側へと移動する。

【0033】一方、ピストン5を右側に移動させる際には、前記と逆の電気粘性流体弁の電極の対15に電圧を印加する操作を行う。

【0034】ところで、一般に電気粘性流体は電場下における流体の粘性変化のみを利用しているが、このアクチュエータでは粘性変化のみならず、流体自体の静電引力に起因する電場-力変換機能を能動的に発現させるようにしている。すなわち、この実施例のアクチュエータの動作流体2は、流体アクチュエータの動力源としての機能と、粘性を制御できる弁としての機能とを併有している。

【0035】この実施例の電気粘性アクチュエータは、

次のような利点がある。電場の印加による電気粘性流体の粘度変化をアクチュエータの流体流路7の開閉の制御に利用することができ、これによりアクチュエータ機構の流路の設計に多くの自由度を持たせることもできる。また、実施例1のアクチュエータではピストン5の往復運動のために2つの駆動源部3を必要としたが、この実施例のものは流体流路7の開閉の制御により1つの駆動源部3のみでアクチュエータを構成することができる。

【0036】また、この実施例でも、動作流体2が吸引される最大高さの途中位置に連通路9（バイパス）を設けているので、連続的に動作流体2の循環をすることができ、ピストン5の移動量とその停止位置を任意に設定することができる。また、ピストン5の移動距離が制限されないのでピストン5の位置を制御することができる。

【0037】さらに、電気粘性流体弁13の存在により、ピストン5の移動量とその位置決め制御に関し高速な対応がし易いとともに微調整を行うことができる。すなわち、駆動源部3が1つで常に1方向に吸引しているので、実施例1のような切り換えによるサージングやタイムラグが非常に少なくなるのである。

【0038】なお、動作流体としては次のような特性を有するものが好ましい。静電引力は電場内の動作流体と気体との間で発生し、その界面で誘電率の低い気体の方に動作流体が吸い上がり、その吸い上がる高さは電場が一定なら動作流体の誘電率と比重（密度）とで決まる。したがって、より多くの動作流体を吸引するためには高い誘電率（好ましくは5以上、より好ましくは10以上）を有するとともに比重が軽い（比重が好ましくは1.5以下、より好ましくは1.0以下）ものであることが好ましい。

【0039】動作流体の電気伝導特性が良すぎると過電流が流れ、電極対間に異常発熱が起こる場合がある。動作流体の体積固有抵抗を高くすると電流が流れず印加電圧も高くすることができその結果動作流体の吸引量も増加するが、よりよい追従のためには動作流体の電場応答特性を良くすべく、微弱電流が流れる方が好ましい。例えば体積固有抵抗がある程度大きく、特に $1 \times 10^5 \Omega \text{ cm}$ 以上のものが好ましい。

【0040】動作流体の電気粘性効果があまりに大き過ぎると、駆動源部での吸引による移動の抵抗となる場合がある。すなわち、動作流体が高粘度である場合には移動の際の粘性抵抗が大きくなり、その結果エネルギーの変換効率と系全体の応答性の悪化を招き、さらに動作流体の電気粘性特性による粘度変化率が大きくとれなくなる。したがって、電場非印加時にはできるだけ低粘度（好ましくは5,000 c p s以下、より好ましくは1,000 c p s以下）のものが好ましい。

【0041】動作流体として安全性、取扱い容易性、耐環境性などの考慮が必要であるが、特に融点が室温以下

(使用範囲の下限で液体状のものがよく、特に20℃以下のもの)で、引火点が室温以上(使用温度範囲の上限で引火しないように特に60℃以上)のものが好ましい。

【0042】電気粘性アクチュエータ用の動作流体として、例えば液晶成分の配向を利用することができる。その応答速度はネマチック液晶、スメクチック液晶、強誘電性液晶などの組成や、高分子液晶では溶媒組成などに依存するのであるが、概ね数ミリ秒のオーダーである。また、駆動量や電気粘性効果は、液晶組成や溶媒組成の構造と物性に依存している。

【0043】低分子液晶として、例えばアゾ系液晶、アゾキシ系液晶、安息香酸フェニルエステル系液晶、シアノビフェニル系液晶、シアノフェノール系液晶、シクロヘキシルカルボン酸フェニルエステル系液晶、フェニルシクロヘキサン系液晶、ビフェニルシクロヘキサン系液晶、フェニルビリジン系液晶、フェニルジオキサン系液晶、シクロヘキシルシクロヘキサンエステル系液晶、シクロヘキシルエタン系液晶、シクロヘキサン系液晶、アルキルアルコキシトラン系液晶、アルキルシクロヘキシルアルコキシトラン系液晶、アルケニル系液晶、2,3-ジフルオロフェニレン系液晶、シクロヘキシルシクロヘキサン系液晶、ピシクロオクタン系液晶、キューバン系液晶、ジシアノヒドロキノン系液晶、シアノチオフェニルエステル系液晶などを選択して実施することができる。また、これらの液晶を任意に混合して実施することができる。

\*

\*【0044】高分子液晶としては、前記低分子液晶成分を組成としたもので、ライオトロピック液晶(コレステリック液晶、スメクティック液晶、或いはネマチック液晶を液晶相とする)では、芳香族ポリアミド系液晶ポリマー、ポリフェニレンベンゾチアゾール系液晶ポリマーなどが、或いは、サーモトロピック液晶では、ポリエステル系液晶ポリマー、ポリエステルアミド系液晶ポリマー、ポリアゾメチンポリエステル系液晶ポリマーなどを選択して実施することができる。

10 【0045】

【発明の効果】この発明は上述のような構成であり、次の効果を有する。

【0046】電場を電気粘性流体に印加することにより起きる動作流体の変位を駆動源とすることができるので、コンプレッサーやポンプなどの動力源がなくても機能し得る電気粘性アクチュエータを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

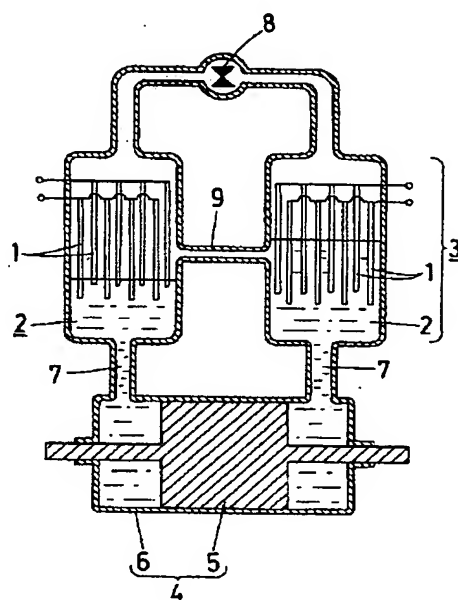
【図1】この発明の電気粘性アクチュエータの実施例1の説明図。

【図2】この発明の電気粘性アクチュエータの実施例2の説明図。

【符号の説明】

- 1 電極対
- 2 動作流体
- 3 駆動源部
- 4 出力部

【図1】



【図2】

